

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2004年 2月16日  
Date of Application:

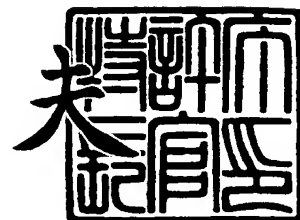
出願番号 特願2004-037952  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP2004-037952]

出願人 株式会社村田製作所  
Applicant(s):

2004年 3月 1日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2004-3015144

【書類名】 特許願  
【整理番号】 104001  
【提出日】 平成16年 2月16日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H01C 7/02  
【発明者】  
    【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号 株式会社村田製作所内  
    【氏名】 三原 賢二良  
【発明者】  
    【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号 株式会社村田製作所内  
    【氏名】 新見 秀明  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000006231  
    【氏名又は名称】 株式会社村田製作所  
    【代表者】 村田 泰隆  
【代理人】  
    【識別番号】 100085143  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 小柴 雅昭  
    【電話番号】 06-6779-1498  
【先の出願に基づく優先権主張】  
    【出願番号】 特願2003- 84406  
    【出願日】 平成15年 3月26日  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 040970  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1  
    【包括委任状番号】 9602690

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

正の抵抗温度係数を有する、積層された複数のサーミスタ層をもって構成される積層体と、

前記積層体の外表面上の互いに異なる位置に形成される第 1 および第 2 の外部電極とを備え、

前記積層体の内部であって複数の前記サーミスタ層間の所定の界面に沿って、各々複数の第 1 および第 2 の内部電極が、それぞれ、前記第 1 および第 2 の外部電極に電氣的に接続されるように形成され、

前記第 1 および第 2 の内部電極は、各々の一部が前記サーミスタ層を挟んで互いに重なり合った状態で積層方向に交互に配置されている、  
積層型正特性サーミスタであって、

前記第 1 および第 2 の内部電極間に電圧が印加されても発熱しない非発熱部分が、前記第 1 および第 2 の内部電極の配置部分における、積層方向に対して垂直な方向での中央部であって、積層方向での少なくとも中央部に設けられている、  
積層型正特性サーミスタ。

**【請求項 2】**

前記非発熱部分は、少なくとも 1 つの前記サーミスタ層に空洞を設けることによって与えられる、請求項 1 に記載の積層型正特性サーミスタ。

**【請求項 3】**

前記非発熱部分は、前記第 1 および第 2 の内部電極の少なくとも一方の内部電極のうちの少なくとも 1 つに電極が形成されない部分を設けることによって与えられる、請求項 1 または 2 に記載の積層型正特性サーミスタ。

**【請求項 4】**

前記電極が形成されない部分は、前記内部電極に開口を設けることによって与えられる、請求項 3 に記載の積層型正特性サーミスタ。

**【請求項 5】**

前記電極が形成されない部分は、前記内部電極に切り込みを設けることによって与えられる、請求項 3 に記載の積層型正特性サーミスタ。

**【請求項 6】**

正の抵抗温度係数を有する、積層された複数のサーミスタ層をもって構成される積層体と、

前記積層体の外表面上の互いに異なる位置に形成される第 1 および第 2 の外部電極とを備え、

前記積層体の内部であって複数の前記サーミスタ層間の所定の界面に沿って、各々複数の第 1 および第 2 の内部電極が、それぞれ、前記第 1 および第 2 の外部電極に電氣的に接続されるように形成され、

前記第 1 および第 2 の内部電極は、各々の一部が前記サーミスタ層を挟んで互いに重なり合った状態で積層方向に交互に配置されている、  
積層型正特性サーミスタであって、

前記第 1 および第 2 の内部電極が重なり合った部分における、積層方向に対して垂直な方向での中央部に位置する空洞が少なくとも 1 つの前記サーミスタ層に設けられ、前記空洞は、前記第 1 および第 2 の内部電極の配置部分における、積層方向での少なくとも中央部に位置されている、  
積層型正特性サーミスタ。

**【請求項 7】**

前記空洞は、前記サーミスタ層を厚み方向に貫通するように設けられている、請求項 6 に記載の積層型正特性サーミスタ。

**【請求項 8】**

前記空洞の一方端面側に位置する前記内部電極には、前記空洞に連通する開口が設けら

れている、請求項 7 に記載の積層型正特性サーミスタ。

【請求項 9】

正の抵抗温度係数を有する、積層された複数のサーミスタ層をもって構成される積層体と、

前記積層体の外表面上の互いに異なる位置に形成される第 1 および第 2 の外部電極とを備え、

前記積層体の内部であって複数の前記サーミスタ層間の所定の界面に沿って、各々複数の第 1 および第 2 の内部電極が、それぞれ、前記第 1 および第 2 の外部電極に電氣的に接続されるように形成され、

前記第 1 および第 2 の内部電極は、各々の一部が前記サーミスタ層を挟んで互いに重なり合った状態で積層方向に交互に配置されている、

積層型正特性サーミスタであって、

前記第 1 および第 2 の内部電極の配置部分における、積層方向での少なくとも中央部に位置する前記第 1 および第 2 の内部電極のうちの少なくとも 1 つの前記内部電極には、前記第 1 および第 2 の内部電極が重なり合った部分における、積層方向に対して垂直な方向での中央部に、電極が形成されない部分が設けられている、

積層型正特性サーミスタ。

【請求項 10】

前記電極が形成されない部分は、前記内部電極に開口を設けることによって与えられる、請求項 9 に記載の積層型正特性サーミスタ。

【請求項 11】

前記電極が形成されない部分は、前記内部電極に切り込みを設けることによって与えられる、請求項 9 に記載の積層型正特性サーミスタ。

【請求項 12】

前記電極が形成されない部分は、すべての前記第 1 の内部電極またはすべての前記第 2 の内部電極に設けられている、請求項 9 ないし 11 のいずれかに記載の積層型正特性サーミスタ。

【請求項 13】

前記電極が形成されない部分は、すべての前記第 1 および第 2 の内部電極に設けられている、請求項 9 ないし 11 のいずれかに記載の積層型正特性サーミスタ。

【書類名】明細書

【発明の名称】積層型正特性サーミスタ

【技術分野】

【0001】

この発明は、積層型正特性サーミスタに関するもので、特に、積層型正特性サーミスタの耐電圧性能の向上を図るための改良に関するものである。

【背景技術】

【0002】

積層型正特性サーミスタは、一般的に、次のような構造を有している（たとえば、特許文献1参照）。

【0003】

すなわち、積層型正特性サーミスタは、正の抵抗温度係数を有する、積層された複数のサーミスタ層をもって構成される直方体状の積層体と、この積層体の外表面上であって互いに対向する第1および第2の端面上にそれぞれ形成される第1および第2の外部電極とを備えている。

【0004】

また、積層体の内部であって複数のサーミスタ層間の所定の界面に沿って、各々複数の第1および第2の内部電極が一様に形成される。第1および第2の内部電極は、それぞれ、第1および第2の外部電極に電氣的に接続され、かつ、各々の一部が互いに重なり合った状態で積層方向に交互に配置されている。

【特許文献1】特開平5-47508号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

正特性サーミスタにとって必要な性能として、耐電圧性能がある。耐電圧性能を、上述したような構造を有する積層型正特性サーミスタについて評価すると、積層体の中央部、より具体的には、第1および第2の内部電極の配置部分における、積層方向での中央部であって、第1および第2の内部電極が重なり合った部分における、積層方向に対して垂直な方向での中央部において、破壊が生じることがある。

【0006】

この破壊は、サーミスタ層を構成する半導体セラミックの熱溶解によって引き起こされるものである。より詳細には、耐電圧性能を評価するため、積層型正特性サーミスタに電圧を印加したとき、積層体が発熱する。この発熱によってもたらされる熱がこもる積層体の中央部がホットスポットとなり、その結果、これが熱暴走を引き起こしてサーミスタ層を構成する半導体セラミックを熱溶解させることから、上述のような積層体の中央部での破壊に至るものと考えられる。

【0007】

そこで、この発明の目的は、上述のような耐電圧性能の向上を図り得る積層型正特性サーミスタの構造を提供しようとすることである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

この発明は、正の抵抗温度係数を有する、積層された複数のサーミスタ層をもって構成される積層体と、積層体の外表面上の互いに異なる位置に形成される第1および第2の外部電極とを備え、積層体の内部であって複数のサーミスタ層間の所定の界面に沿って、各々複数の第1および第2の内部電極が、それぞれ、第1および第2の外部電極に電氣的に接続されるように形成され、第1および第2の内部電極は、各々の一部がサーミスタ層を挟んで互いに重なり合った状態で積層方向に交互に配置されている、積層型正特性サーミスタに向けられるものであって、上述した技術的課題を解決するため、次のような構成を備えることを特徴としている。

【0009】

すなわち、第1および第2の内部電極間に電圧が印加されても発熱しない非発熱部分が、電圧印加時のホットスポットとなるべき部分、より詳細には、第1および第2の内部電極の配置部分における、積層方向に対して垂直な方向での中央部であって、積層方向での少なくとも中央部に設けられていることを特徴としている。

#### 【0010】

この発明のより特定の第1の局面では、第1および第2の内部電極が重なり合った部分における、積層方向に対して垂直な方向での中央部に位置する空洞が少なくとも1つのサーミスタ層に設けられる。また、この空洞は、第1および第2の内部電極の配置部分における、積層方向での少なくとも中央部に位置される。このような空洞は前述した非発熱部分を与えるように機能する。

#### 【0011】

上述の空洞は、サーミスタ層を厚み方向に貫通するように設けられていることが好ましい。この場合、空洞の一方端面側に位置する内部電極には、空洞に連通する開口が設けられていることが好ましい。

#### 【0012】

この発明のより特定の第2の局面では、第1および第2の内部電極の配置部分における、積層方向での少なくとも中央部に位置する第1および第2の内部電極のうちの少なくとも1つの内部電極には、第1および第2の内部電極が重なり合った部分における、積層方向に対して垂直な方向での中央部に、電極が形成されない部分が設けられる。この場合、電極が形成されない部分が非発熱部分を与えるように機能する。

#### 【0013】

上述の電極が形成されない部分は、内部電極に開口を設けることによって与えられたり、内部電極に切り込みを設けることによって与えられたりすることができる。

#### 【0014】

電極が形成されない部分は、第1および第2の内部電極の配置部分における、積層方向での少なくとも中央部に位置する第1および第2の内部電極のうちの少なくとも1つの内部電極に設けられる限り、すべての第1の内部電極またはすべての第2の内部電極に設けられても、あるいは、すべての第1および第2の内部電極に設けられてもよい。

#### 【発明の効果】

#### 【0015】

この発明によれば、積層型正特性サーミスタに備える積層体の内部にホットスポットが形成されることを回避でき、したがって、耐電圧性能が向上された積層型正特性サーミスタを得ることができる。

#### 【0016】

この発明において、非発熱部分を与えるため、サーミスタ層に空洞が設けられる場合、この空洞が、サーミスタ層を厚み方向に貫通するように設けられていたり、さらには、空洞の一方端面側に位置する内部電極に、空洞に連通する開口が設けられていたりすると、空洞を容易に形成することができ、積層型正特性サーミスタを量産性に優れた構造とすることができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0017】

図1は、この発明の第1の実施形態による積層型正特性サーミスタ1を示す断面図である。

#### 【0018】

積層型正特性サーミスタ1は、素子本体としての直方体状の積層体2を備えている。積層体2は、通常、バレル研磨等によって、その角部分および稜線部分において丸くされている。積層体2は、正の抵抗温度係数を有する、たとえばBaTiO<sub>3</sub>系の半導体セラミックからなる複数のサーミスタ層3を積層した構造を有している。

#### 【0019】

積層体の内部であって複数のサーミスタ層3間の所定の界面に沿って、各々複数の第1

および第2の内部電極4および5が形成される。第1および第2の内部電極4および5は、各々の一部がサーミスタ層3を挟んで互いに重なり合った状態で積層方向に交互に配置されている。内部電極4および5は、たとえばニッケルを導電成分として含んでいる。

#### 【0020】

積層体2の外表面上であって、互いに対向する第1および第2の端面6および7上には、第1および第2の外部電極8および9がそれぞれ形成される。第1および第2の外部電極8および9は、それぞれ、第1および第2の内部電極4および5に電氣的に接続されるもので、内部電極4および5の各々に対してオーミック接触を図ることが可能な下地層としてのオーミック電極層10およびその上に形成される半田等からなるめっき層11から構成される。オーミック電極層10は、たとえば、スパッタリングによって形成され、積層体2の端面6および7上に形成されるCr層、その上に形成されるNi-Cu層およびその上に形成されるAg層から構成される。めっき層11は、上述した半田めっきの他、Niめっき、Snめっき等によって形成されてもよく、通常、電気めっきを用いて形成される。

#### 【0021】

また、積層体2の外表面上であって、外部電極8および9によって覆われない領域には、ガラスコート12が施されてもよい。積層体2を得るための焼成工程が還元性雰囲気中に行なわれるとき、焼成後において、再酸化のための熱処理が行なわれることになるが、この再酸化のための工程において、ガラスコート12を形成するための熱処理を同時に行なうようにしてもよい。

#### 【0022】

以上説明した積層型正特性サーミスタ1において、この実施形態では、次のような特徴を有している。

#### 【0023】

すなわち、第1および第2の内部電極4および5が重なり合った部分における、積層方向に対して垂直な方向での中央部、すなわち内部電極4および5の重なり部分での長手方向および幅方向での中央部に位置する空洞13が少なくとも1つのサーミスタ層3に設けられている。また、この空洞13は、第1および第2の内部電極4および5の配置部分における、積層方向での少なくとも中央部に位置されている。このような空洞13は非発熱部分を与えるように機能するものである。

#### 【0024】

上述の空洞13を設けるため、たとえば、図2を参照して説明するような方法が適用される。図2は、積層体2を得るために用意される、サーミスタ層3となるべき典型的なグリーンシート14および15を示す平面図である。

#### 【0025】

図2(a)および(b)にそれぞれ示すように、グリーンシート14および15上には、導電性ペーストをスクリーン印刷等によって付与することにより、第1および第2の内部電極4および5となるべき導電性ペースト膜16および17が形成される。

#### 【0026】

図2(a)に示すように、一方のグリーンシート14には、空洞13を与えるための貫通孔18が設けられる。この貫通孔18は、導電性ペースト膜16が形成された後に、この導電性ペースト膜16をも貫通するように設けられることが、量産性の点で好ましい。

#### 【0027】

なぜなら、導電性ペースト膜16を形成する前に貫通孔18を設け、その後に導電性ペースト膜16を形成すれば、導電性ペーストが貫通孔18内に垂れ、第1および第2の内部電極4および5間で不所望な電氣的導通を引き起こす可能性が高いためである。なお、この不所望な電氣的導通を避けるために、貫通孔18の外周部分に所定のギャップをもって導電性ペーストを付与してもよいが、位置合わせ等が煩雑であるという別の問題を招く。

#### 【0028】

また、導電性ペースト膜 16 が形成されないグリーンシート 14 に貫通孔 18 を設け、グリーンシート 14 の上方に位置するグリーンシート（図示せず。）の下面に導電性ペースト膜 16 を形成することも考えられるが、この場合には、1つのグリーンシートの両面に導電性ペースト膜 16 および 17 をそれぞれ形成しなければならないため、導電性ペースト膜 16 および 17 間での位置合わせが煩雑になるという問題を招く。

【0029】

なお、空洞 13 となる貫通孔 18 は、典型的には、レーザやパンチングのような方法によって形成されるが、これに限らず、他の方法によって形成されてもよい。

【0030】

図 1 に示した積層体 2 を得るため、図 2 (a) および (b) にそれぞれ示したグリーンシート 14 および 15 を含む複数のグリーンシートが積層される。したがって、積層体 2 において、貫通孔 18 によって与えられた空洞 13 は、所定のサーミスタ層 3 を厚み方向に貫通する状態となる。また、貫通孔 18 は、導電性ペースト膜 16 をも貫通するように設けられるので、空洞 13 の一方端面側に位置する第 1 の内部電極 4 には、空洞 13 に連通する開口 19 が設けられた状態となっている。

【0031】

なお、図示した空洞 13 は、所定の内部電極 4 を厚み方向に貫通しているが、量産性を考慮しないならば、内部電極 4 の厚み方向に貫通しないように空洞 13 が設けられてもよい。

【0032】

また、空洞 13 は、複数のサーミスタ層 3 に設けられてもよい。すなわち、空洞 13 が設けられる位置は、第 1 および第 2 の内部電極 4 および 5 が重なり合った部分における、積層方向に対して垂直な方向での中央部であって、第 1 および第 2 の内部電極 4 および 5 の配置部分における、積層方向での少なくとも中央部であるという条件を満たす限り、たとえば、第 1 および第 2 の内部電極 4 および 5 の配置部分において、積層方向に縦列または貫通するように設けられてもよい。

【0033】

また、積層方向に対して垂直な方向での中央部に集中して分布するならば、1つのサーミスタ層 3 につき、複数の空洞 13 が設けられてもよい。

【0034】

また、空洞 13 は、図 2 (a) に示した貫通孔 18 の形状からわかるように、断面円形とされたが、たとえば、三角形、四角形、その他の多角形、楕円形または星形など、どのような断面形状であってもよい。

【0035】

また、図示した第 1 および第 2 の内部電極 4 および 5 は、積層体 2 において、均等に配置されていたため、空洞 13 の位置は、積層体 2 の中央部であったが、第 1 および第 2 の内部電極 4 および 5 の配置が積層体 2 において不均等である場合には、空洞 13 の位置が、積層体 2 の中央部であるとは限らない。いずれにしても、空洞 13 は、第 1 および第 2 の内部電極 4 および 5 が重なり合った部分における、積層方向に対して垂直な方向での中央部に位置し、さらに、第 1 および第 2 の内部電極 4 および 5 の配置部分における積層方向での少なくとも中央部に位置することが重要である。

【0036】

以上のように、第 1 の実施形態によれば、非発熱部分を与えるように機能する空洞 13 が設けられることにより、熱集中を緩和でき、それによって、熱破壊に至る耐電圧性能を向上させることができる。なお、耐電圧性能の向上のためには、空洞 13 は大きい方が望ましいが、積層体 2 の寸法や、積層型正特性サーミスタ 1 が必要とする抵抗値や、積層体 2 が必要とする機械的強度等を考慮して、空洞 13 の大きさが決定される。

【0037】

図 3 は、この発明の第 2 の実施形態による積層型正特性サーミスタ 21 を示す断面図である。図 3 に示した積層型正特性サーミスタ 21 は、図 1 に示した積層型正特性サーミ



タ 1 と共通する多くの要素を備えているので、図 3 において、図 1 に示した要素に相当する要素には同様の参照符号を付し、重複する説明は省略する。

【0038】

第 2 の実施形態による積層型正特性サーミスタ 21 は、次のような特徴を有している。

【0039】

すなわち、第 1 および第 2 の内部電極 4 および 5 には、これら第 1 および第 2 の内部電極 4 および 5 が重なり合った部分における、積層方向に対して垂直な方向での中央部、すなわち内部電極 4 および 5 の重なり部分での長手方向および幅方向での中央部において、電極が形成されない部分となる開口 22 が設けられている。この開口 22 は非発熱部分を与えるように機能するものである。

【0040】

上述のような開口 22 を設けるため、たとえば、図 4 を参照して説明するような方法が適用される。図 4 は、積層体 2 を得るために用意される、サーミスタ層 3 となるべき典型的なグリーンシート 23 および 24 を示す平面図である。

【0041】

図 4 (a) および (b) にそれぞれ示すように、グリーンシート 23 および 24 上には、導電性ペーストをスクリーン印刷等によって付与することにより、それぞれ、第 1 および第 2 の内部電極 4 および 5 となるべき導電性ペースト膜 25 および 26 が形成される。これら導電性ペースト膜 25 および 26 の形成のための印刷時において、導電性ペーストが付与されない領域 27 が設けられる。この領域 27 が開口 22 を与えるものである。

【0042】

図 3 に示した積層体 2 を得るため、図 4 (a) および (b) にそれぞれ示した複数のグリーンシート 23 および 24 が交互に積層されるとともに、導電性ペースト膜が形成されない保護用グリーンシートがその上下に積層される。

【0043】

なお、図 3 に示した積層型正特性サーミスタ 21 では、開口 22 がすべての第 1 および第 2 の内部電極 4 および 5 に設けられたが、このような開口 22 は、たとえば、すべての第 1 の内部電極 4 のみに設けられても、すべての第 2 の内部電極 5 のみに設けられてもよい。なお、ホットスポットを回避する目的のためには、開口 22 は、第 1 および第 2 の内部電極 4 および 5 の配置部分における、積層方向での少なくとも中央部に位置する少なくとも 1 つの内部電極 4 および／または 5 に設けられていけば足りる。

【0044】

また、開口 22 は、積層方向に対して垂直な方向での中央部に集中して分布するならば、1 つの内部電極 4 または 5 につき、複数設けられてもよい。

【0045】

また、開口 22 は、図 4 に示した領域 27 の形状からわかるように、円形の平面形状とされたが、たとえば、三角形、四角形、その他の多角形、楕円形または星形など、どのような平面形状であってもよい。

【0046】

以上のように、第 2 の実施形態によれば、開口 22 が設けられることにより、第 1 の実施形態の場合と同様、熱集中を緩和でき、それによって、熱破壊に至る耐電圧性能を向上させることができる。なお、耐電圧性能の向上のためには、開口 22 は大きい方が望ましいが、積層体 2 の寸法や、積層型正特性サーミスタ 21 が必要とする抵抗値や、内部電極 4 および 5 における開口 22 以外の部分での電流容量を考慮して、開口 22 の大きさが決定される。

【0047】

また、第 2 の実施形態によれば、第 1 の実施形態と比較したとき、空洞 13 による積層体 2 の機械的強度の低下という問題に遭遇しないという利点も奏される。

【0048】

図 5 は、この発明の第 3 の実施形態による積層型正特性サーミスタ 31 を示す断面図で

ある。図5に示した積層型正特性サーミスタ31は、図1および図3にそれぞれ示した積層型正特性サーミスタ1および21と共通する多くの要素を備えているので、図5において、図1または図3に示した要素に相当する要素には同様の参照符号を付し、重複する説明は省略する。

【0049】

第3の実施形態による積層型正特性サーミスタ31は、次のような特徴を有している。

【0050】

すなわち、第2の内部電極5には、第1および第2の内部電極4および5が重なり合った部分における、積層方向に対して垂直な方向での中央部、すなわち内部電極4および5の重なり部分での長手方向および幅方向での中央部において、電極が形成されない部分となる切り込み32が設けられている。この切り込み32は非発熱部分を与えるように機能するものである。

【0051】

上述のような切り込み32を設けるため、たとえば、図6を参照して説明するような方法が適用される。図6は、積層体2を得るために用意されるサーミスタ層3となるべき典型的なグリーンシート33および34を示す平面図である。

【0052】

図6(a)および(b)にそれぞれ示すように、グリーンシート33および34上には、導電性ペーストをスクリーン印刷等によって付与することにより、それぞれ、第1および第2の内部電極4および5となるべき導電性ペースト膜35および36が形成される。これら導電性ペースト膜35および36のうち、導電性ペースト膜36の形成のための印刷時において、導電性ペーストが付与されない領域37が切り込み状に設けられる。この領域37が前述した切り込み32を与えるものである。

【0053】

図5に示した積層体2を得るため、図6(a)および(b)にそれぞれ示した複数のグリーンシート33および34が交互に積層されるとともに、導電性ペースト膜が形成されない保護用グリーンシートがその上下に積層される。

【0054】

なお、図5に示した積層型正特性サーミスタ31では、切り込み32がすべての第2の内部電極5に設けられたが、このような切り込み32は、すべての第1の内部電極4のみに設けられても、すべての第1および第2の内部電極4および5に設けられてもよい。なお、ホットスポットを回避する目的のためには、切り込み32は、第1および第2の内部電極4および5の配置部分における、積層方向での少なくとも中央部に位置する少なくとも1つの内部電極4および/または5に設けられていけば足りる。

【0055】

また、切り込み32は、積層方向に対して垂直な方向での中央部に集中して分布するならば、1つの内部電極4または5につき、複数設けられてもよい。

【0056】

また、切り込み32は、この実施形態のように、積層体2の第2の端面7にまで届かないように形成されることが好ましい。なぜなら、このように構成されることにより、内部電極5と外部電極9との間で安定した電氣的接続状態を得ることができるからである。

【0057】

以上のように、第3の実施形態によれば、切り込み32が設けられることにより、第1および第2の実施形態の場合と同様、熱集中を緩和することができる。特に、第3の実施形態では、切り込み32が内部電極5の中央部を通して、内部電極5を2つの部分に分断するため、発熱部を2分割することができる。これによって、1つの発熱部あたりの発熱量は少なくなるため、積層体2の中央部での発熱を緩和することができる。これらのことから、積層体2の内部にホットスポットが形成されることを防ぐことができ、熱破壊に至る耐電圧性能を向上させることができる。

【0058】

なお、耐電圧性能の向上のためには、切り込み 32 の幅は大きい方が望ましいが、積層体 2 の寸法や、積層型正特性サーミスタ 31 が必要とする抵抗値や、内部電極 5 における切り込み 32 以外の部分での電流容量を考慮して、切り込み 32 の大きさが決定される。

【0059】

また、第 3 の実施形態によれば、第 2 の実施形態の場合と同様、第 1 の実施形態と比較したとき、空洞 13 による積層体 2 の機械的強度の低下という問題に遭遇しないという利点も奏される。

【0060】

図 7 は、この発明の第 4 の実施形態を説明するための図 6 に対応する図である。図 7 において、図 6 に示した要素に相当する要素には同様の参照符号を付し、重複する説明は省略する。

【0061】

第 4 の実施形態は、第 3 の実施形態と比較して、第 2 の内部電極 5 だけでなく、第 1 の内部電極 4 にも切り込みが設けられることを特徴としている。そのため、図 7 (b) に示すように、第 2 の内部電極 5 となるべき導電性ペースト膜 36 に、導電性ペーストが付与されない領域 37 が切り込み状に設けられるだけでなく、図 7 (a) に示すように、第 1 の内部電極 4 となるべき導電性ペースト膜 35 に、導電性ペーストが付与されない領域 38 が切り込み状に設けられる。

【0062】

その他の点については、第 3 の実施形態の場合と実質的に同様であるので、重複する説明は省略する。

【0063】

図 8 は、この発明の第 5 の実施形態を説明するためのものである。図 8 に示した積層型正特性サーミスタ 41 は、図 5 に示した積層型正特性サーミスタ 31 と共通する多くの要素を備えているので、図 8 において、図 5 に示した要素に相当する要素には同様の参照符号を付し、重複する説明は省略する。なお、図 8 は、第 2 の内部電極 5 が通る面に沿う断面をもって積層型正特性サーミスタ 41 を示した平面図である。

【0064】

第 5 の実施形態による積層型正特性サーミスタ 41 は、次のような特徴を有している。

【0065】

すなわち、第 2 の内部電極 5 における、第 2 の外部電極 9 との電氣的接続を図るための接続端縁部 42 が幅広に形成される。これによって、第 2 の内部電極 5 と第 2 の外部電極 9 との接触面積をより広くすることができ、電氣的接続を安定化させ、抵抗値のばらつきを抑制することができる。なお、図 8 には、第 2 の内部電極 5 について図示したが、第 1 の内部電極 4 についても同様の構成が採用される。

【0066】

図 8 に示すような特徴的構成は、図 1、図 3 および図 7 にそれぞれ示した第 1、第 2 および第 4 の実施形態においても同様に採用することができる。

【0067】

次に、この発明による効果を確認するために実施した実験例について説明する。

【0068】

(実験例 1)

実験例 1 においては、図 1 および図 2 を参照して説明した第 1 の実施形態についての評価を行なった。

【0069】

まず、 $\text{BaCO}_3$ 、 $\text{TiO}_2$  および  $\text{Sm}_2\text{O}_3$  の各粉末を用意し、 $(\text{Ba}_{0.9998}\text{Sm}_{0.0002})\text{TiO}_3$  となるように、これら原料粉末を調合した。

【0070】

次に、得られた混合粉末に、純水を加えて、ジルコニアボールとともに、10 時間混合粉砕し、乾燥後、1000℃の温度で 2 時間仮焼した。

## 【0071】

次に、この仮焼粉末に、有機バインダ、分散剤および水を加えて、ジルコニアボールとともに、数時間混合し、得られたスラリーから、厚さ  $30\ \mu\text{m}$  のグリーンシートを成形した。

## 【0072】

次に、グリーンシート上に、スクリーン印刷法によって、ニッケルを導電成分とする導電性ペーストを付与し、乾燥させることによって、内部電極となる導電性ペースト膜が形成されたグリーンシートを作製した。この導電性ペースト膜が形成されたグリーンシートのうち、所定のものには、内部電極が重なり合う部分の中央部に対応する位置に、図 2 (a) に示した貫通孔 18 に相当する直径  $0.2\ \text{mm}$  の円形の貫通孔をパンチングによって形成した。

## 【0073】

次に、導電性ペースト膜が形成された複数のグリーンシートを積層するとともに、その上下に、導電性ペースト膜を形成していない保護用のグリーンシートを積層し、次いで圧着した後、所定の寸法にカットすることによって、チップ状の生の積層体を得た。

## 【0074】

この生の積層体を得る工程において、前述のように貫通孔が設けられたグリーンシートを、試料 1 では、導電性ペースト膜が配置された部分の積層方向での中央部に位置させ、試料 2 では、同部分の積層方向での最も外側に位置させ、試料 3 では、同部分の積層方向での中央部と最も外側との双方に位置させた。また、試料 4 では、貫通孔が設けられないグリーンシートのみを積層した。

## 【0075】

次に、生の積層体を、大気中において  $350^\circ\text{C}$  の温度で脱脂処理した後、 $\text{H}_2/\text{N}_2 = 3\%$  の還元性雰囲気下において  $1300^\circ\text{C}$  の温度で 2 時間焼成して、焼結後の積層体を得た。ここで、試料 1～3 の各々に係る積層体では、グリーンシートに設けられた貫通孔によって空洞が形成されていた。

## 【0076】

次に、焼結後の積層体を研磨メディアとともにバレル研磨し、積層体の角部分および稜線部分を丸くするように処理した後、積層体に対して、再酸化のための熱処理を施した。

## 【0077】

次に、外部電極を形成するため、積層体の両端面上に、スパッタリングによって、Cr 層、その上に Ni-Cu 層およびその上に Ag 層を順次形成することによって、オーミック電極層を形成し、次いで、オーミック電極層上に、半田からなるめっき層を形成した。

## 【0078】

このようにして、平面寸法が  $2.0\ \text{mm} \times 1.2\ \text{mm}$  であって、 $0.3\ \Omega$  の試料 1～4 の各々に係る積層型正特性サーミスタを得た。

## 【0079】

次に、試料 1～4 の各々に係る積層型正特性サーミスタについて、各 20 個の試料を用いて、耐電圧試験を実施した。耐電圧試験は、直流電源に直列に接続された端子に、各試料に係る積層型正特性サーミスタを挟み、 $20\ \text{V}$  から  $2\ \text{V}$  毎に昇圧し、かつ各電圧において 1 分間印加した状態を保持する、ステップアップによる昇圧を適用することにより実施した。そして、試料となる積層型正特性サーミスタが破壊するまで昇圧し、破壊の直前の電圧を、耐電圧とした。

## 【0080】

このようにして求められた耐電圧の平均値、最大値、最小値および標準偏差値が、表 1 に示されている。

## 【0081】

【表 1】

試料 番号	耐電圧[V]			
	平均値	最大値	最小値	標準偏差値
1	36.1	38	32	1.7
2	31.0	36	28	2.0
3	29.8	34	28	1.9
4	30.0	34	26	2.9

## 【0082】

表 1 に示すように、空洞が内部電極の配置部分における積層方向での中央部以外に設けられた試料 2 および 3 では、このような空洞が設けられない試料 4 とほぼ同じ耐電圧レベルであるが、空洞を内部電極の配置部分における積層方向での中央部に設けた試料 1 では、耐電圧が著しく向上している。これによって、耐電圧試験において内部電極の配置部分における積層方向での中央部に生じるホットスポットを緩和すれば、耐電圧の向上を図り得ることが裏付けられる。

## 【0083】

なお、以上の実験例では、空洞の積層方向での位置について比較したが、積層方向に対して垂直な方向での位置についても、内部電極の重なり合う部分における中央部に空洞を設けることによって、中央部以外の部分に空洞を設ける場合に比べて、ホットスポットをより効果的に回避できることを容易に類推できる。

## 【0084】

## (実験例 2)

実験例 2 においては、図 3 および図 4 を参照して説明した第 2 の実施形態についての評価を行なった。

## 【0085】

実験例 1 の場合と同様の方法および条件により、グリーンシートを成形した。

## 【0086】

次に、グリーンシート上に、スクリーン印刷法によって、ニッケルを導電成分として含む導電性ペーストを付与して導電性ペースト膜を形成するにあたり、内部電極が重なり合う部分の中央部に相当する位置に設けられる図 4 に示した導電性ペーストが付与されない領域 27 に対応する領域として、試料 11 では、直径 0.1 mm の円形の領域、試料 12 では、直径 0.2 mm の円形の領域、および試料 13 では、直径 0.5 mm の円形の領域を設けた。また、試料 14 では、このような導電性ペーストが付与されない領域を設けず、一様に導電性ペースト膜を形成した。

## 【0087】

なお、試料 11～14 の各々において、内部電極の重なり部分の寸法は、焼結後で 1.6 mm×0.8 mm とした。

## 【0088】

次に、上述の試料 11～14 の各々に係る複数のグリーンシートを積層するとともに、その上下に導電性ペースト膜が形成されない保護用のグリーンシートを積層し、実験例 1 の場合と同様の方法および条件に従って、チップ状の生の積層体を作製し、これを脱脂処理し、焼成し、バレル研磨を施し、再酸化のための熱処理を施し、次いで、外部電極となるオーミック電極層およびめっき層を形成した。

## 【0089】

このようにして、平面寸法が 2.0 mm×1.2 mm であって、0.5 Ω の試料 11～14 の各々に係る積層型正特性サーミスタを得た。ここで、試料 11～13 では、前述のように、導電性ペーストが付与されない領域において、内部電極に開口が形成されていた。

## 【0090】

次に、実験例 1 の場合と同様の方法および条件にて、試料 11～14 に対して耐電圧試験を実施した。

## 【0091】

この耐電圧試験によって求められた耐電圧の平均値、最大値、最小値および標準偏差値が、表 2 に示されている。

## 【0092】

【表 2】

試料 番号	耐電圧[V]			
	平均値	最大値	最小値	標準偏差値
11	38.4	40	36	1.7
12	43.3	46	38	2.0
13	49.1	56	32	5.6
14	32.1	36	28	2.7

## 【0093】

表 2 に示すように、導電性ペースト膜に導電性ペーストが付与されない領域を設け、それによって内部電極に開口が設けられた試料 11～13 によれば、このような開口が設けられていない試料 14 に比べ、耐電圧値の向上が認められる。このことから、耐電圧試験において積層体の中央部で生じるホットスポットを緩和すれば、耐電圧の向上を図り得ることが裏付けられる。

## 【0094】

また、試料 11～13 の間で比較すると、試料 11、12、13 の順で開口がより大きくされているが、このように開口がより大きくされるに従って、耐電圧の平均値は上昇するが、内部電極の電流容量が低下して破壊につながるため、耐電圧のばらつきがより大きくなっている。このことから、内部電極に設けられる開口の大きさは、このような内部電極の電流容量すなわち耐電圧のばらつきを考慮して決定されることが好ましいことがわかる。

## 【0095】

(実験例 3)

実験例 3 においては、図 5 および図 6 を参照して説明した第 3 の実施形態についての評価を行なうため、以下のような試料 21 を作製した。

## 【0096】

まず、実験例 1 の場合と同様の方法および条件により、グリーンシートを成形した。

## 【0097】

次に、グリーンシート上に、スクリーン印刷法によって、ニッケルを導電成分として含む導電性ペーストを付与して導電性ペースト膜を形成した。このとき、図 6 (a) に示すように、導電性ペースト膜 35 を一様に形成したものと、図 6 (b) に示すように、内部電極が重なり合う部分の中央部に相当する位置に導電性ペーストが付与されない領域 37 (幅 0.1 mm×長さ 1.7 mm) が設けられた導電性ペースト膜 36 を形成したものとを作製した。

## 【0098】

次に、上述の図 6 (a) に示したように導電性ペースト膜 35 が形成された複数のグリーンシート 33 と図 6 (b) に示したように導電性ペースト膜 36 が形成された複数のグリーンシート 34 とを交互に積層するとともに、その上下に導電性ペースト膜が形成されない保護用のグリーンシートを積層し、実験例 1 の場合と同様の方法および条件に従って、チップ状の生の積層体を作製し、これを脱脂処理し、焼成し、バレル研磨を施し、再酸化のための熱処理を施し、次いで、外部電極となるオーミック電極層およびめっき層を形

成した。

#### 【0099】

このようにして、平面寸法が2.0mm×1.2mmであって、0.5Ωの試料21に係る積層型正特性サーミスタを得た。この積層型正特性サーミスタにおいては、前述のように、導電性ペーストが付与されない領域において、内部電極に切り込みが形成されていた。

#### 【0100】

次に、実験例1の場合と同様の方法および条件にて、試料21に係る積層型正特性サーミスタに対して耐電圧試験を実施した。

#### 【0101】

この耐電圧試験によって求められた耐電圧の平均値、最大値、最小値および標準偏差値が、表3に示されている。なお、比較を容易にするため、表3には、前述の実験例1において作製された試料4、すなわち前掲の表1に示されていた内部電極に何らの切り込みも形成されなかった試料4についての耐電圧の平均値、最大値、最小値および標準偏差値が繰り返し示されている。

#### 【0102】

【表3】

試料 番号	耐電圧[V]			
	平均値	最大値	最小値	標準偏差値
21	44.4	46	40	1.84
4	30.0	34	26	2.9

#### 【0103】

表3に示すように、導電性ペースト膜に導電性ペーストが付与されない領域を設け、それによって内部電極に切り込みが設けられた試料21によれば、このような切り込みが設けられていない試料4に比べ、耐電圧値の向上が認められる。このことから、耐電圧試験において積層体の中央部で生じるホットスポットが緩和され、また、切り込みにより発熱部が2分割されて発熱量が小さくなることによって、耐電圧の向上を図り得ることが裏付けられる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0104】

【図1】この発明の第1の実施形態による積層型正特性サーミスタ1を示す断面図である。

【図2】図1に示した積層体2を得るために用意される、サーミスタ層3となるべき典型的なグリーンシート14および15を示す平面図である。

【図3】この発明の第2の実施形態による積層型正特性サーミスタ21を示す断面図である。

【図4】図3に示した積層体2を得るために用意される、サーミスタ層3となるべき典型的なグリーンシート23および24を示す平面図である。

【図5】この発明の第3の実施形態による積層型正特性サーミスタ31を示す断面図である。

【図6】図5に示した積層体2を得るために用意される、サーミスタ層3となるべき典型的なグリーンシート33および34を示す平面図である。

【図7】この発明の第4の実施形態を説明するための図6に対応する図である。

【図8】この発明の第5の実施形態による積層型正特性サーミスタ41を、第2の内部電極5が通る面に沿う断面をもって示した平面図である。

#### 【符号の説明】

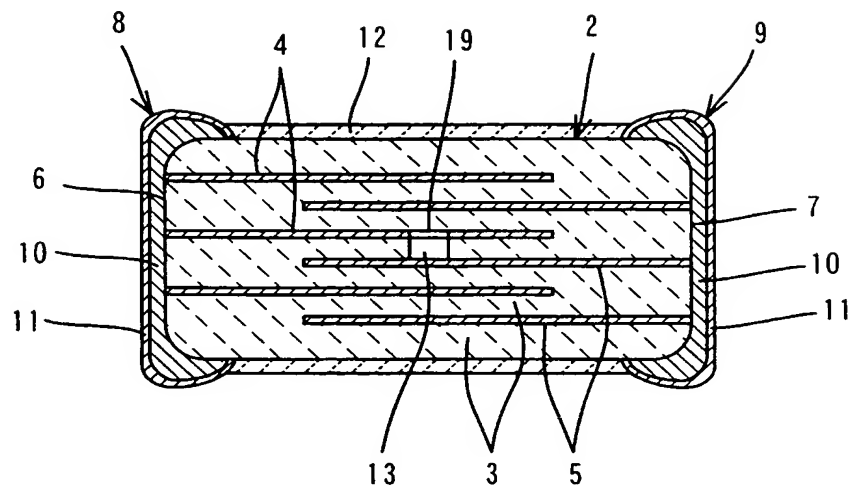
#### 【0105】

1, 21, 31, 41 積層型正特性サーミスタ

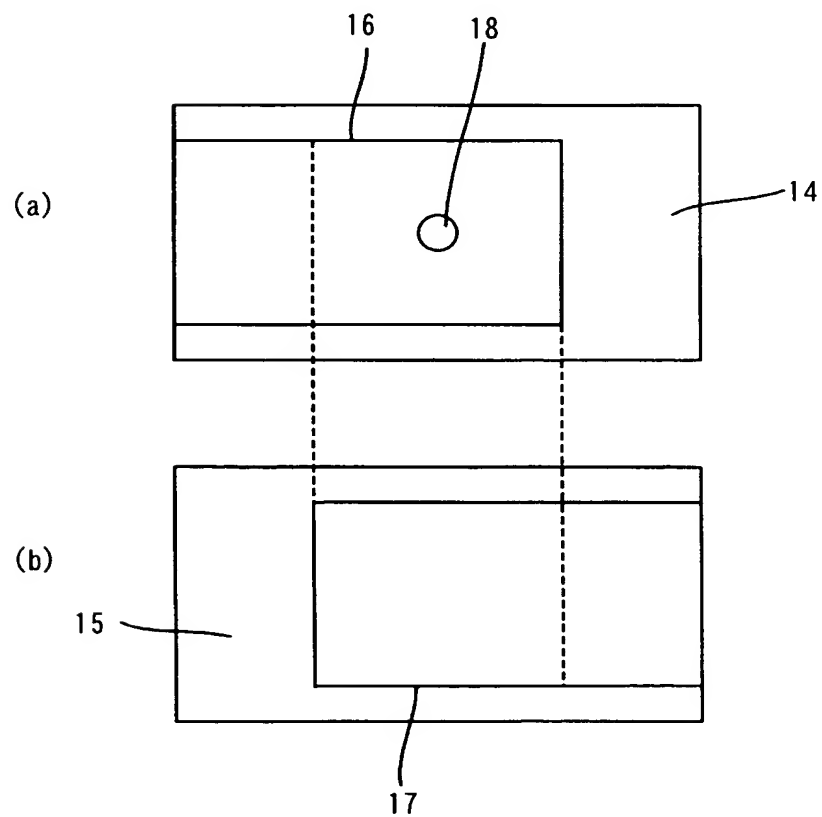
- 2 積層体
- 3 サーミスタ層
- 4, 5 内部電極
- 6, 7 端面
- 8, 9 外部電極
- 1 3 空洞
- 1 9, 2 2 開口
- 3 2 切り込み



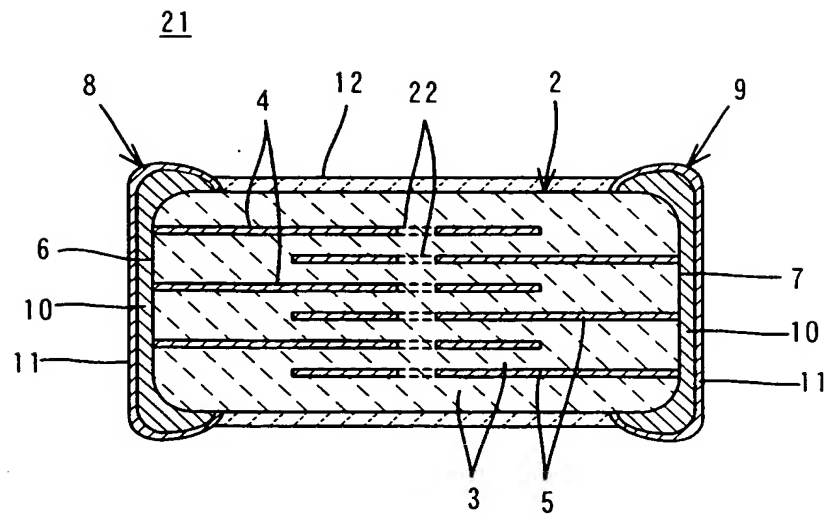
【書類名】 図面  
【図 1】



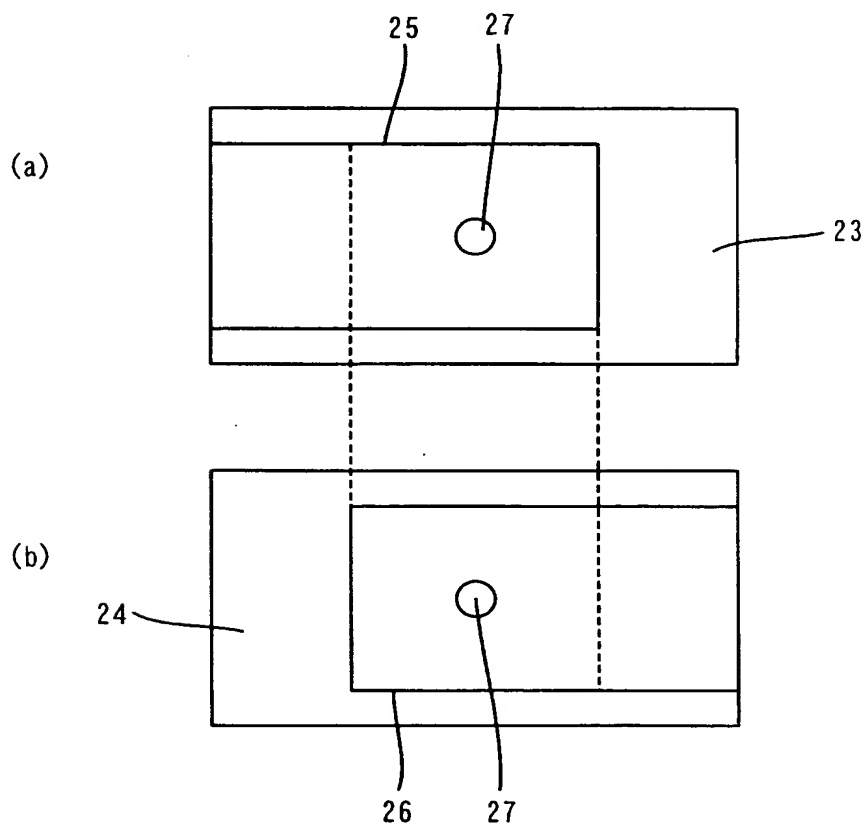
【図 2】



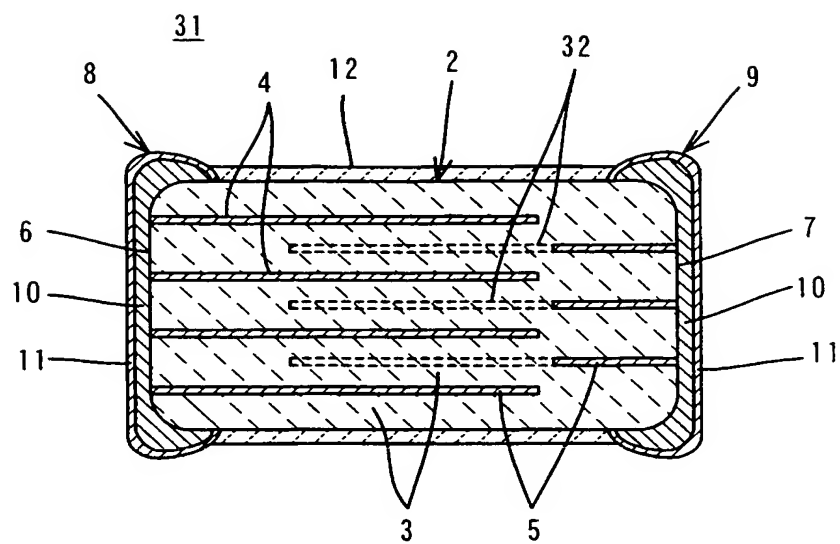
【図 3】



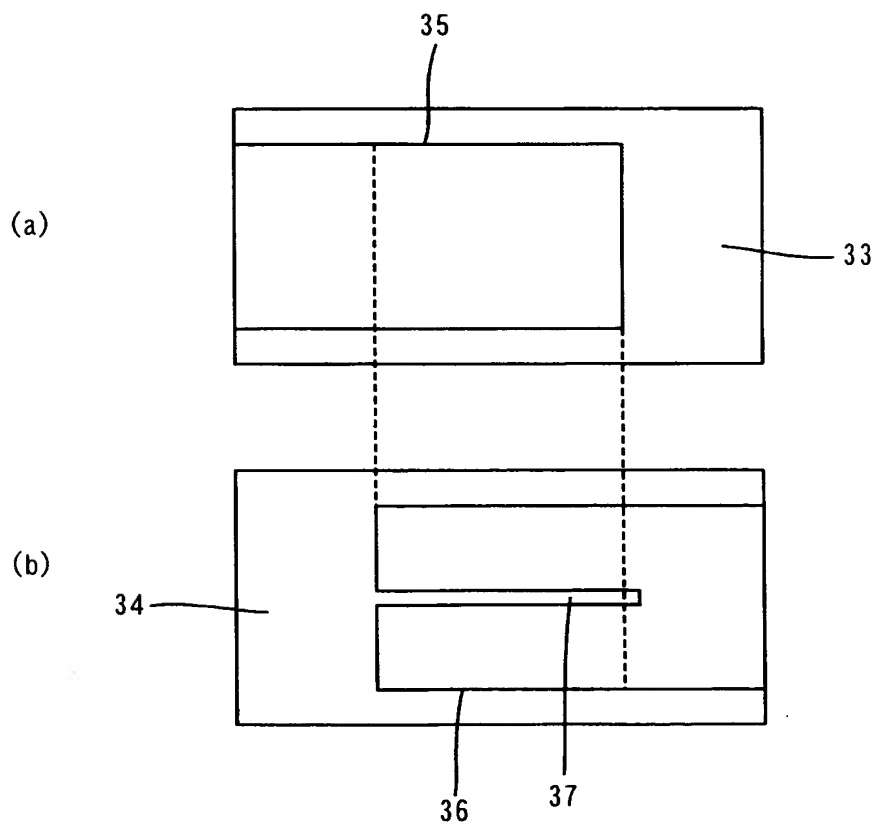
【図 4】



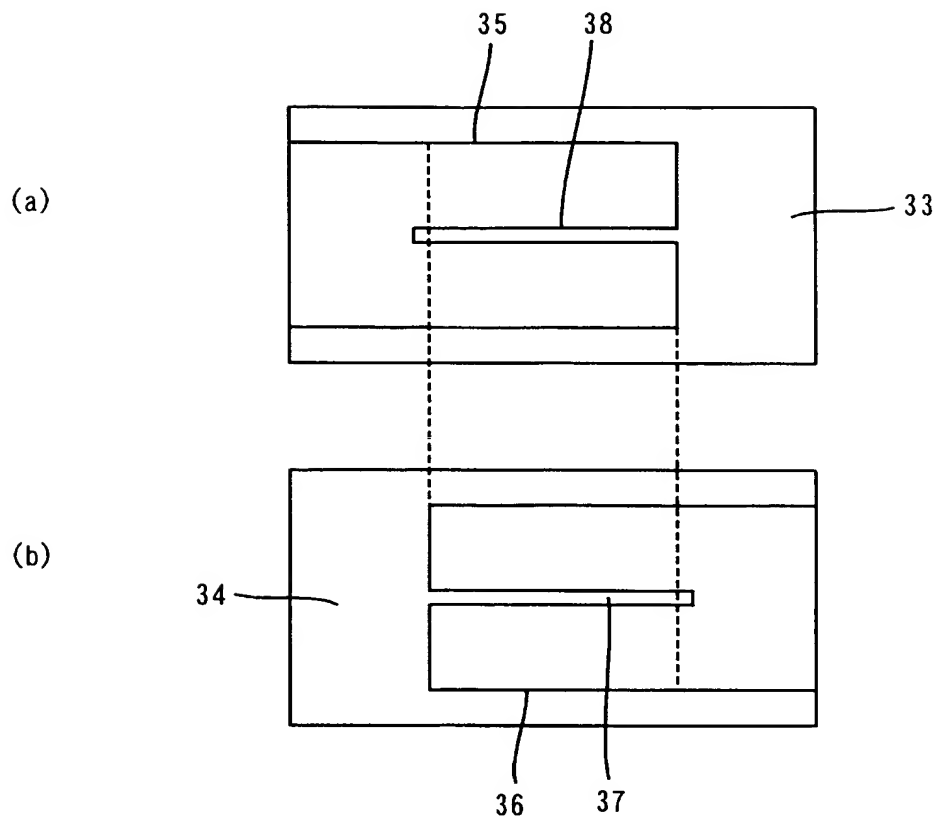
【図 5】



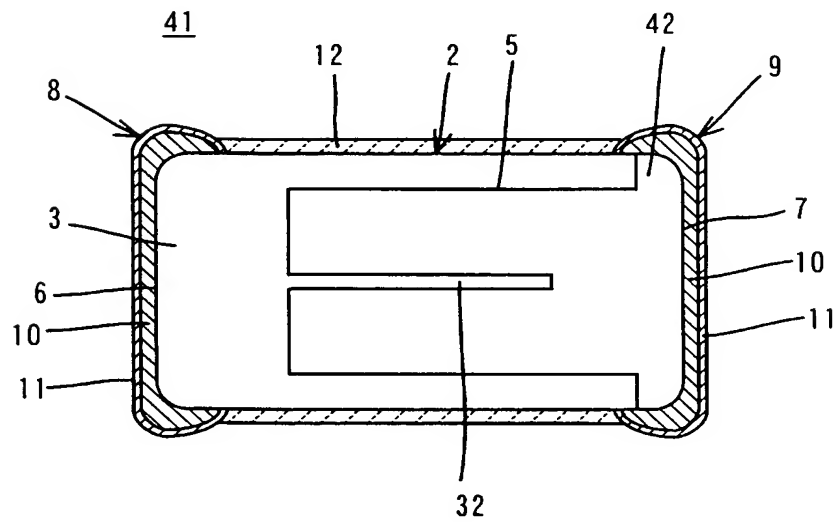
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 積層型正特性サーミスタの耐電圧性能を向上させる。

【解決手段】 積層体 2 の内部に形成される第 1 および第 2 の内部電極 4 および 5 の配置部分における、積層方向に対して垂直な方向での中央部であって、積層方向での少なくとも中央部に、内部電極 4 および 5 間に電圧が印加されても発熱しない非発熱部分を設ける。これによって、電圧印加時に積層体 2 内にホットスポットが形成されることを回避し、耐電圧性能の向上を図る。非発熱部分は、たとえば、少なくとも 1 つのサーミスタ層 3 に空洞 1 3 を設けたり、内部電極に開口または切り込みを設けたりすることによって、与えられる。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 4 - 0 3 7 9 5 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 6 2 3 1 ]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 8 日
[変更理由]	新規登録
住 所	京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号
氏 名	株式会社村田製作所